

LAS COMUNICACIONES, MOTOR DE AVANCE EN LA SOCIEDAD

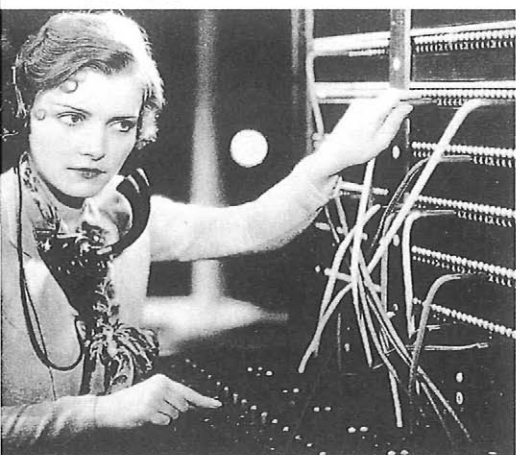
Coordinador: J. A. Martín -Pereda
CATEDRÁTICO DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID.

Es muy posible que una de las principales contribuciones de la tecnología al desarrollo de la sociedad, durante el presente siglo, haya sido el imparable avance de las comunicaciones. Resulta imposible concebir cómo serían nuestras vidas hoy sin todos los medios de comunicación que están al alcance de la mano. No sólo nos aportan la posibilidad de estar en contacto con nuestros semejantes de forma constante, sino que nos ofrecen la posibilidad de un sinfín de actividades que, día a día, van creciendo de forma imparable. Para que esto haya sido posible ha sido necesaria la aparición de un conjunto de técnicas que, poco a poco, de ser tema de curiosidad en el laboratorio, han pasado a estar incorporadas al hogar como objetos domésticos más comunes.

En este capítulo se ofrece una panorámica global de cuál es la situación de las comunicaciones y cómo han ido evolucionando desde que vieron la luz hace poco más de siglo y medio.

DESARROLLO DE LAS TELECOMUNICACIONES

STOCK PHOTOS



La historia de la humanidad es la historia de las telecomunicaciones. Se han empleado todo tipo de sistemas hasta llegar a este siglo. Lo más significativo de las últimas décadas ha sido la transformación de algunos de esos sistemas y su confluencia en canales únicos y asequibles.

J. A. Martín-Pereda

CATEDRÁTICO DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID.

La historia del hombre ha estado siempre marcada por su capacidad de intercambiar y transmitir información. Así como el habla es, quizá, la capacidad que más diferencia al ser humano del resto de los animales y gracias a la cual ha podido alcanzar el grado de desarrollo en el que se encuentra hoy, la posibilidad de comunicarse a través de los más diferentes medios ha marcado tanto su propio progreso como el de la sociedad.

Los sistemas de comunicación, sean del tipo que sean, han determinado en gran medida el grado de desarrollo al que podían acceder los grupos que las empleaban. Una sociedad aislada, sin más influencia sobre su actividad que las ideas generadas dentro de ella, sólo es capaz de alcanzar un grado de desarrollo limitado. Únicamente a través del intercambio de ideas y de información puede conseguirse un avance fructífero en todos los sectores de una determinada población. La transmisión de noticias y la confrontación de ideas han sido tan esenciales para el progreso de las naciones y los pueblos que, sin ninguna excepción, en todas las épocas se han diseñado estrategias para su mejora. Como es evidente, los medios para llevarlas a cabo han ido evolucionando con la misma rapidez que lo iban haciendo las tecnologías en las que se basaran. Si, según Esquilo, la noticia de la caída de Troya se hizo llegar a Atenas mediante hogueras que se iban encendiendo de monte en monte, a modo de carrera de relevos, hasta llegar a su destino, los medios actuales no tienen ya nada que ver con la capacidad de correr o de observar visualmente a una cierta distancia. Son ya mucho más sofisticados y más seguros. Podría afirmarse, sin ningún tipo de exageración, que el siglo XX ha sido el siglo del desarrollo de las comunicaciones. En algunos entornos se podrá afirmar que

ha sido el siglo de los ordenadores y en otros que de la física. Pero la realidad es que sólo gracias a aquéllas la sociedad ha podido alcanzar el nivel de desarrollo que ha conseguido en las últimas décadas. Es evidente, por otra parte, que sin los progresos de la física y la electrónica jamás se hubiera podido alcanzar el nivel en el que se encuentran hoy los sistemas de comunicación. Pero también es cierto que sin la posibilidad de intercambio inmediato de ideas y de resultados los últimos avances de la electrónica habrían tenido lugar a una velocidad mucho menor.

Uno de los hechos más significativo en el tema del intercambio de información es la rapidez con la que se ha desarrollado y con la que ha evolucionado. Cuando, a principios del siglo pasado, la única forma de comunicarse era la del envío personal de cartas o mensajes escritos, y el tiempo necesario para alcanzar un destino era el que imponían los medios de comunicación existentes, en el momento actual, de una manera ideal pero bastante próxima a la realidad, casi cualquier persona puede comunicarse con otra, esté donde esté, de una manera instantánea. Y la información que pueden intercambiarse no es ya sólo la mera palabra, bien hablada o escrita, sino que también pueden hacerlo, por ejemplo, con los resultados de un experimento que se esté llevando a cabo en varios laboratorios diferentes, o contrastar distintas bases de datos sin importar su tamaño, o intercambiar imágenes, o, incluso, realizar reuniones casi *frente a frente* sin que ninguno de los participantes necesite desplazarse de su despacho. Todo ello se ha conseguido en los últimos 10 años.

Resultaría difícil determinar, de una manera clara, cuáles fueron los primeros medios de comunicación diferentes de los más inmediatos para el ser humano, como son el diálogo directo o el intercambio de textos escritos. Si en el primer caso era obligada, como lo es hoy, la presencia mutua, en el segundo la velocidad venía limitada por la de los medios de comuni-



cación que el mismo hombre usara. Todo ello forma parte de una larga aventura reflejada tanto en los libros de Historia como, incluso, en la propia literatura. Conocer o no una determinada información, tanto entonces como ahora, ha significado el que los hechos que suceden vayan por un camino o por otro.

Por ello, parece obligado fijar un instante, más o menos concreto, para el nacimiento de las modernas comunicaciones y en el que todos estén de acuerdo. Y este instante no es otro que el que se marcó, en 1837, con la invención del telégrafo por parte de Samuel F. B. Morse. En 1844, Morse instaló el primer tendido telegráfico, entre Baltimore y Washington, DC, con una distancia de unos sesenta kilómetros, empleando, por vez primera, un alfabeto compuesto de puntos y rayas. En 1849 se desarrolló el primer enlace telegráfico, con impresora, a baja velocidad, llegándose en los sesenta a una velocidad de 15 bits (dígitos binarios) por segundo. En 1874, Baudot inventó el primer sistema con *portadora*, pudiéndose llegar al multiplexado de hasta seis canales telegráficos sobre un mismo par de hilos de cobre.

Esta transmisión de señales eléctricas

a través de un hilo conductor marcó el verdadero inicio de las comunicaciones por medios no convencionales. Era, en este caso, la propia señal con la información la que se desplazaba por sí misma a través de un medio ajeno al que podía recorrer el hombre. Y además lo hacía con una velocidad imposible de poder ser alcanzada por ningún medio de transporte, tanto de los usados en aquel momento como de los que se han empleado después o puedan surgir en el futuro, ya que esta velocidad podía acercarse a órdenes de magnitud comparables a los de la luz. La telegrafía Morse señaló el inicio de una profunda revolución en la forma de transmitir y recibir señales que portaran una determinada información. Los medios electromagnéticos se demostraron válidos para ayudar al ser humano en esta tarea y, desde entonces, han seguido siendo el elemento básico de los desarrollos que después se han hecho.

SISTEMAS ACTUALES

Al mismo tiempo, y de forma indirecta, se inició una forma de enviar señales que, conceptualmente, ha sido la base de los actuales sistemas. El telégrafo de Morse

se basaba, como ya se ha dicho antes, en el envío de dos señales básicas, las conocidas «punto» y «raya». En cierta manera ambos fueron los antecedentes más inmediatos de las actuales unidades, bits, de información «cero» y «uno», base de las comunicaciones digitales.

Pero, como ha ocurrido siempre en cualquier tecnología, nada de esto habría sido posible sin algunos antecedentes previos. Aunque sin intentar hacer aquí una larga lista de los desarrollos o los descubrimientos que condujeron al telégrafo, sí parece aconsejable indicar cuáles fueron los más significativos de todos ellos.

Las comunicaciones basadas en técnicas derivadas del uso de la electricidad nacieron a principios del siglo XIX. La relación entre el magnetismo y la electricidad fue descubierta por Oersted en 1819 y, a partir de ella, en los años veinte de ese mismo siglo, Faraday y Ampere siguieron profundizando en ese mismo camino. Gracias a ello, mediante la rotación de agujas imanadas, se llegaron a desarrollar sistemas de laboratorio capaces de transmitir información a una cierta distancia. Al inicio de la siguiente década, Gauss y Weber desarrollaron un pequeño sistema, análogo al que después se conocería como telegrafía, que se instaló en la ciudad alemana de Göttingen.

Pero aunque la posibilidad de enviar señales a velocidades cercanas a la de la luz era ya una realidad, uno de los problemas que se planteaban era, por una parte, el hecho de que esta información tenía que enviarse como sucesión de símbolos que configurasen el texto que se deseaba remitir. Por ello eran necesarias máquinas que fueran «traduciendo» las señales a enviar o recibir, o que algún experto pudiera hacerlo directamente. Un diálogo normal entre dos personas ajenas a esta tecnología era imposible de llevarse a cabo. Para que fuera realidad fue necesario esperar hasta 1876, en que Alexander Graham Bell realizó la primera transmisión de voz con la ya célebre frase: «Mr. Watson, come here. I want you». Esto tenía lugar el 10 de marzo de ese año. A partir de entonces, y a pesar de lo rudimentario de los primeros aparatos, el nuevo invento se difundió vertiginosamente, inaugurándose entre 1880 y 1890 una serie de líneas entre las principales ciudades de la costa este de Estados ➤

Unidos, y a partir de 1890 ocurrió lo mismo en Europa.

A finales de los noventa surgió una nueva etapa decisiva en el desarrollo de las comunicaciones: la invención de la radio. En 1896, Marconi presentó la primera patente de una «telegrafía sin hilos», base de la futura radiocomunicación. Con ella se inició un nuevo camino que sería seguido por la televisión y otros sistemas de comunicaciones.

Los diferentes servicios de comunicaciones que fueron apareciendo a lo largo de los años siguieron trayectorias por completo separadas hasta muy recientemente. El resultado fue la aparición de un gran número de operadores que actuaban de manera independiente, desarrollando cada uno de ellos sus propias políticas y cubriendo las diferentes áreas geográficas con sus propios medios.

Así, las compañías telefónicas fueron ampliando sus zonas de cobertura según el grado de desarrollo del país en el que se movieran. Los enlaces se hicieron, en la mayor parte de los casos, mediante hilo de cobre que, dependiendo de la situación del lugar al que se deseaba tener acceso, iba en unos casos por tendido entre postes que solían correr paralelos a las carreteras, o bien por conducciones enterradas. El incremento de las necesidades de un mayor intercambio de información llevó, posteriormente, al empleo de cables coaxiales en los que, en un mismo mazo, iban agrupados un número más o menos elevado de conductores. En años más recientes, los enlaces de larga distancia se efectuaron mediante técnicas de microondas o, dicho de otra manera, empleando señales electromagnéticas que se transmitían a través del espacio que separaba los puntos a unir. La aparición de satélites de comunicaciones favoreció esta nueva forma de intercambiar información, permitiendo enlazar continentes sin necesidad de realizar nuevos tendidos de cable submarino. En cualquier caso, el acceso al abonado siempre se ha llevado a cabo mediante hilos de cobre que proporcionaban tanto las señales necesarias para establecer la comunicación (aviso y final de llamada o señal de comunicando, por ejemplo) como la información que se transmitía. Esta situación ha variado de forma drástica con la aparición de la telefonía móvil, en la que el abonado no

requiere estar situado en un punto fijo, sino que puede moverse libremente en una determinada zona geográfica. Zona que, en un futuro quizá no muy lejano, llegará a abarcar a todo el planeta gracias, entre otros factores, a los satélites de comunicaciones ya mencionados antes.

Las comunicaciones por radio, por otra parte, no tenían unas limitaciones equivalentes a las existentes en telefonía. Solamente la frecuencia de la señal transmitida y la potencia de la misma eran las que podían limitar el alcance de una transmisión. La radio, por otra parte, tenía un posible doble uso, uno de los cuales la telefonía no podía dar. Además de servir como medio de enlace para el intercambio de información, podía ofrecer un servicio de entretenimiento. Era la ventaja derivada de la no conexión física entre los abonados, mediante una línea, sino que una emisión podía llegar a un número ilimitado de usuarios dentro de una determinada zona geográfica. Esto, que por una parte era una ventaja en el caso de usar la radio como medio de entretenimiento, era al mismo tiempo una desventaja cuando se requería una cierta confidencialidad si la comunicación sólo se deseaba que alcanzase a un escogido número de destinatarios. Para conseguir esto, ya desde los primeros tiempos de la radio, se idearon diferentes métodos de ocultar la información transmitida mediante técnicas más o menos sofisticadas. La criptografía, nombre con el que se denomina a cualquier forma de enmascarar la información, ha pasado a ser así un área de trabajo de gran importancia en todos los países, tanto para empleo en fines civiles como de defensa. Su uso se extiende a todas las distintas formas de comunicación.

REDES TRANSMISORAS

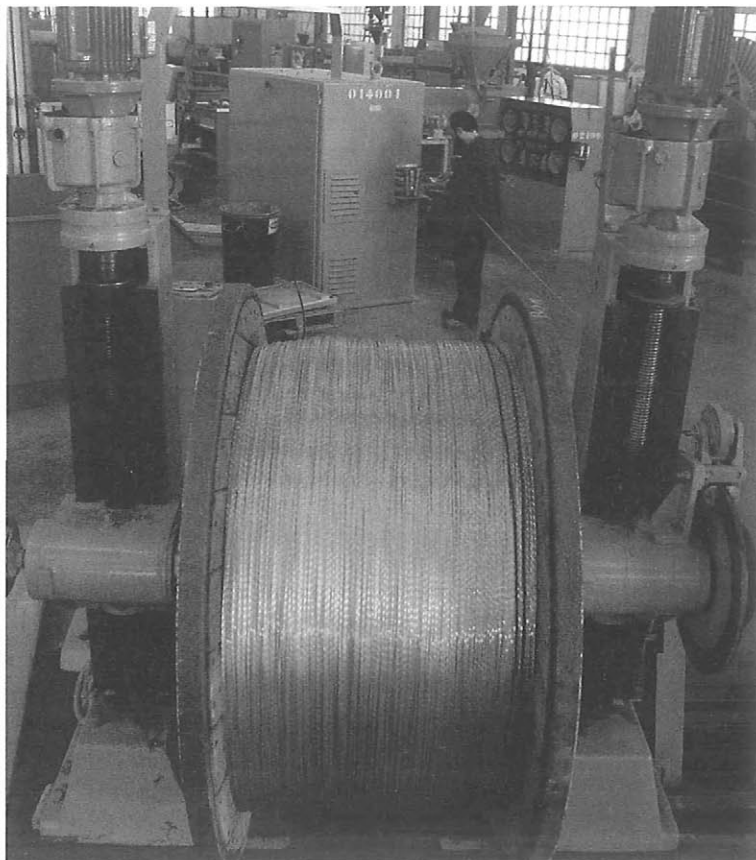
Con unas características equivalentes a las de la radio, la televisión se ha ido extendiendo también por todos los países. Las estaciones emisoras y receptoras, de nuevo por los condicionantes que las rodeaban, tenían que ser diferentes de las empleadas para la radio y, con mucha más razón, no tenían nada que ver con las centrales telefónicas. Una nueva red de emisoras, repetidores y receptores fue ocupando lugares estratégicos en todos los entornos, tanto urbanos como campesinos. La transmisión por aire, casi la úni-

ALCATEL



ca existente hasta hace no más de dos décadas, se fue sustituyendo, poco a poco y sólo en algunos sitios, por enlaces por cable que llegaban hasta los propios hogares. Estados Unidos y algunos países de Europa establecieron redes dedicadas específicamente a esta función. Esto implicaba el que se precisasen canalizaciones nuevas, si no existían previamente para otros servicios como luz o el propio teléfono, en aquellos sitios en los que se instalase la televisión por cable.

Un servicio de comunicaciones existía en paralelo con los anteriores: el télex. Aunque no se ha hecho referencia a él en anteriores apartados, constituía, hasta hace unos diez años, uno de los medios más usados para el envío de comunicados urgentes entre dos usuarios, normalmente empresas u organismos de las administraciones. Igual que el teléfono y la televisión por cable, precisaba de una conexión fija entre los abonados que, como en aquéllos, iba por el correspondiente conductor. Un nuevo tendido se sumaba así a los anteriores haciendo que, en principio, el número de cables que podía llegar hasta un determinado punto fuera bastante elevado, si se deseaba que



el mismo estuviera adecuadamente comunicado. Aunque el telex ha perdido hoy la importancia que tenía hace algunos años, debido principalmente al uso generalizado del facsímil, que ya puede usar el cable telefónico usual, su existencia se suma, en cualquier caso, al conjunto de posibles servicios de comunicación existentes.

Si la tendencia mostrada en los últimos años, de multiplicación de servicios, se fuera incrementando, como parece lógico por la creciente complejidad de nuestra sociedad, la situación en la que podrían encontrarse ciudades y edificios podría llegar a ser casi caótica. Este hecho sería mucho más notorio si cada uno de esos servicios, como ha ocurrido hasta hace no mucho, discurriera por su propio canal.

La única alternativa que se ha considerado viable, y que daría fin a todo lo anterior, es la de llevar por un único canal a todos los servicios de comunicaciones que se han mencionado e, incluso, a aquéllos en desarrollo actualmente. Para conseguirlo son necesarios dos elementos esenciales. El primero es un medio que sea capaz de dar cabida a todo el conjunto de señales que se desea transmitir. El segundo, dispositivos y sistemas que puedan traba-

jar a velocidades de procesamiento lo suficientemente altas como para manejar la cantidad de información requerida. La invención de la fibra óptica, por un lado, y el fuerte desarrollo de la electrónica y ramas derivadas de ella, como la optoelectrónica o la fotónica por otro, han permitido que lo que se deseaba se pudiera llevar a cabo. El resultado es lo que se conoce como Comunicaciones Integradas de Banda Ancha, entendiendo bajo tal concepto a la unión, con una misma filosofía de trabajo, de todos los diferentes tipos de intercambio de información existentes. Dada la gran cantidad de señales que han de ser transmitidas, la capacidad de estos nuevos sistemas ha de ser muy superior a la de los que funcionan actualmente. De ahí el concepto de «banda ancha». El intentar hacer llegar a todos los rincones este concepto, tanto desde un punto de vista operativo como de conseguir que el gran público se familiarice con él, ha llevado a que sean designadas con el apelativo de «autopistas de la información».

Un hecho adicional hay que sumar a todo lo anterior. Si las comunicaciones han de tener un carácter global, esto es, que cualquier parte del mundo pueda ➤

Cadena de producción de terminales de teléfonos digitales. Bobinas de cable de cobre, metal utilizado como medio de transmisión en las primeras comunicaciones y que va siendo desplazado, poco a poco, por la fibra óptica.



Radioenlaces transportables: señales de TV. A la derecha, radioenlaces digitales del Puerto de Guadarrama, Alto de los Leones (Madrid).

estar comunicada con el resto, es preciso que todos los sistemas que operan en las diferentes regiones sean compatibles entre sí. Esto quiere decir que utilicen formas de trabajo análogas o que sean fácilmente convertibles los unos en los otros. Las formas de codificación de las señales, los códigos empleados para encaminarlas por la ruta deseada, los tonos para establecer o concluir una comunicación, todo ello ha de estar lo suficientemente normalizado como para que no existan problemas en el envío de información. O, dicho de otra manera, los sistemas de comunicación empleados en cada región geográfica han de ser abiertos para los del resto, han de ser transparentes para que a ellos puedan acceder las señales transmitidas desde cualquier rincón del mundo. Y esto sólo puede conseguirse con acuerdos de carácter internacional entre Gobiernos, fabricantes, suministradores de servicios y usuarios. Afortunadamente, existen organismos supranacionales que determinan qué caminos se pueden seguir para llegar a esa globalización de los servicios y dictan normas a las que se adhieren los Gobiernos de los países participantes. Una de ellas es la que determina cómo pueden interconectarse sistemas de comunicación para que sean abiertos para todos. Es la conocida como normas OSI, de la terminología inglesa *Open System Interconnection*.

De todo lo anterior se desprende un hecho fundamental: para entender las comunicaciones actuales es preciso conocer cuáles son las tecnologías que utilizan, ya que de ellas dependen los resultados obtenidos, y las formas existentes de transmitir señales. Resulta obvio en nuestros días que, sin los avances de la electrónica, no habría sido posible llegar a la situación actual de las comunicaciones. También parece evidente que sin la introducción de la óptica, tampoco tendrían el futuro que aparentemente hoy prometen.

SOPORTE FÍSICO

La posibilidad de realizar una integración a muy gran escala, en dispositivos de muy reducido tamaño y un considerable número de funciones, ha sido uno de los mayores logros de la microelectrónica en nuestros días. Gracias a ello se ha podido reducir el tamaño de sistemas y terminales



de todo tipo, se ha aumentado en varios órdenes de magnitud la velocidad con la que pueden trabajar los mismos y se ha disminuido, de análoga manera, el consumo de potencia necesaria para que funcionen. Si todo ello ha permitido la realización de ordenadores de pequeño tamaño, también ha sido la responsable de que las centrales de comunicaciones y todos los elementos que las rodean puedan ser mucho más asequibles y, al mismo tiempo, dar unas prestaciones muy superiores a las de hace algunos años.

Al mismo tiempo que tenía lugar lo anterior, un nuevo concepto se introducía en la técnica: trabajar con luz en lugar de con electrones. El nacimiento del láser marcó el inicio de muchos campos de actividad, pero quizá en uno de los que



asentar el desarrollo de las comunicaciones, la introducción de otros conceptos, como el de la forma de mandar las señales con información, han determinado el poder llevar a cabo con más efectividad esa transmisión.

DE LO ANALÓGICO A LO DIGITAL

Aparentemente, el mundo que nos rodea es analógico. Las señales que percibimos cubren una amplia gama de niveles. Las voces que oímos tienen subidas y bajadas. Los colores son más o menos intensos. Pero entre un máximo y un mínimo siempre hay infinitas posibilidades. La telefonía, el envío de voz por el canal telefónico, seguía hasta hace muy poco esa misma técnica. La voz que recogía el micrófono se transformaba en corriente eléctrica con unas variaciones en intensidad que eran análogas a las de la propia voz. Esa señal eléctrica viajaba por el cable de cobre y al llegar al altavoz volvía a transformarse en señal acústica. No había habido modificación en sus características.

Pero la práctica demostró que aquella forma de transmitir no era la más idónea. Las variaciones en la amplitud se distorsionaban por el camino y, al final, la señal recibida tenía en ocasiones poco que ver con la original. Y nació el concepto de transmisión digital de señales. Si mediante la técnica adecuada y con un diccionario de traducción conveniente se convertía la señal analógica anterior en otra compuesta sólo por «ceros» y «unos», esto es, por pulsos de altura nula y pulsos de una amplitud determinada, las posibilidades de error se reducían considerablemente. Y además se podrían utilizar las tecnologías desarrolladas para los ordenadores, que eran todas ellas digitales.

La introducción de ese concepto ha marcado la nueva etapa de las comunicaciones. Hoy todavía quedan muchas líneas, esencialmente las telefónicas, por las que circulan señales analógicas. Pero no habrá acabado el siglo antes de que casi todo lo que viaje por un medio guiado, conteniendo información, sea digital.

Quizá el punto más significativo de cualquier sistema de transmisión es la forma en la que se envían las señales y a través de dónde se hace. O, dicho de otra forma, qué tipo de procesamiento se hace en la información para que pueda ser trans-

mitida y qué medio es el que sirve de soporte a dicha transmisión.

De una manera muy general, una comunicación puede establecerse bien entre dos puntos determinados, como es el caso de una conversación telefónica convencional, u originarse en uno y dirigirse hacia varios simultáneamente, como ocurre en la radio. El medio de transmisión puede ser hilo de cobre, bien agrupado en cables coaxiales o en pares torsionados, o fibra óptica, para el primer caso, o la atmósfera, como ocurre con las transmisiones por radio, para el segundo. El cobre, medio más común hasta hace no más de una década, cada vez va perdiendo más terreno y quizá, en un futuro no muy lejano, quede restringido su uso a aplicaciones muy específicas.

TRANSMISIÓN SIMULTÁNEA

Pero el carácter más significativo que diferencia a unas transmisiones de otras es la forma de multiplexado que se hace de las señales que se envían. Por multiplexado se entiende el hecho de transmitir simultáneamente, por el mismo medio de transmisión, diferentes comunicaciones. O, lo que es lo mismo, que dicho medio pueda ser compartido por diferentes usuarios sin que existan interferencias entre ellos. Las dos formas más comúnmente usadas son las de multiplexación por división de frecuencias (FDM en la terminología anglosajona) y por división en el tiempo (TDM). El caso más común del primer tipo es la transmisión de emisoras de radio: cada una emite en una cierta frecuencia y en cada receptor se separan las que llegan, sintonizándose sólo a una de ellas. En cambio, la multiplexación en tiempo implica que cada envío de información, proveniente de diferentes canales se trocea de una forma preestablecida de antemano, enviándose por un único canal varias comunicaciones que aparecen así intercaladas unas con otras, sin que exista solape entre ellas. A cada trozo de información, denominado «trama», y correspondiente a un mismo mensaje, se le añade una «bandera» en su inicio, de manera que se sepa a cuál corresponde. En el receptor se separan las diferentes tramas correspondientes a cada uno de los mensajes transmitidos, volviéndose a unir y recibiendo en la misma forma en la que fue enviado. Como es lógico, ➤

más profunda huella marcó fue en el de las comunicaciones. La posibilidad de transmitir información con luz viajando por el interior de una fibra óptica ha significado el que la capacidad de transmitir información sea prácticamente ilimitada. En este momento no existen fronteras a la cantidad de datos que se puede enviar. La fibra óptica puede alcanzar casi todo lo que se la pida. Sólo son las limitaciones de los equipos que tiene a su alrededor los que imponen la barrera. Pero, ahí de nuevo, los dispositivos fotónicos, que trabajan también con luz en lugar de con electrones, cuando cumplan las expectativas que se están depositando en ellos, derribarán también esas barreras.

Si los avances en electrónica y fotónica han supuesto la base física sobre la que

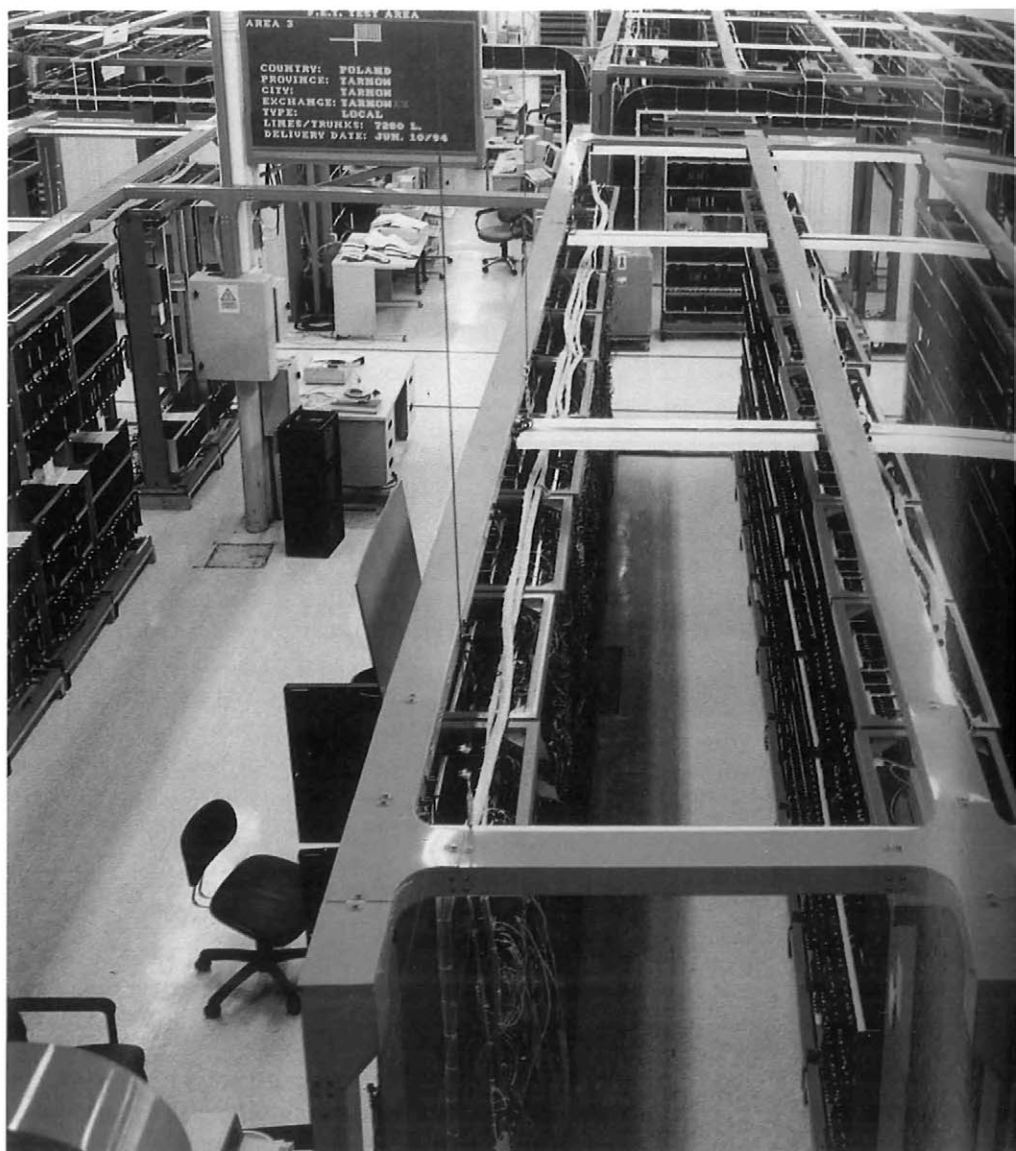
todas esas operaciones se realizan a una velocidad lo suficientemente alta de forma que, por ejemplo, en el caso de una transmisión telefónica, un abonado pueda escuchar sin ningún tipo de distorsión la voz de su interlocutor. Según que cada una de las tramas enviadas tenga o no la misma duración de tiempo, y según que vayan o no siempre en el mismo orden, la transmisión se denomina síncrona o asíncrona. De acuerdo con esta distinción, en los últimos años se han desarrollado una serie de sistemas que, aunque en un principio no estaban totalmente normalizados, siendo diferentes los que se empleaban en Estados Unidos y en Europa, en la actualidad se encuentran homogeneizados gracias a las recomendaciones del CCITT acordadas en 1988 y ligeramente modificadas después, con la aprobación de la Jerarquía Digital Síncrona (SDH). La velocidad básica de transmisión aquí es de 155,520 megabits por segundo y se denomina STM-1. Velocidades superiores se designan con STM-N, donde N implica el número de veces por el que hay que multiplicar la velocidad básica. Hasta el momento, los únicos niveles que se han definido son los STM-1, STM-4 (622,080 Mbit/s) y STM-16 (2.488,320 Mbit/s).

CONMUTACIÓN

La forma convencional de interconectar a dos abonados ha sido hasta muy recientemente, la de unir físicamente a los mismos mediante un circuito eléctrico, esto es, un par de cables de cobre por el que se transmitía la información. De esta manera, éstos quedaban ocupados de forma permanente sin que pudieran ser empleados para otros usos. Tan sólo cuando entre ambos cesaba la comunicación quedaba la línea libre para poder ser de nuevo utilizada. Esta conexión se realizaba a través de una central que era, hasta casi los años sesenta, electromecánica con relés de un tipo u otro, o totalmente electrónica, como lo es la actualidad. En un caso o en otro, la señal llevaba en su cabecera, como hemos visto antes, la información necesaria para encaminarse por un camino determinado. Este camino era, de acuerdo con lo anterior, el mismo para toda la duración de la transmisión. Esta técnica de conmutación se denomina de «conmutación de circuitos».

El encaminamiento de la señal se ha

ALCATEL

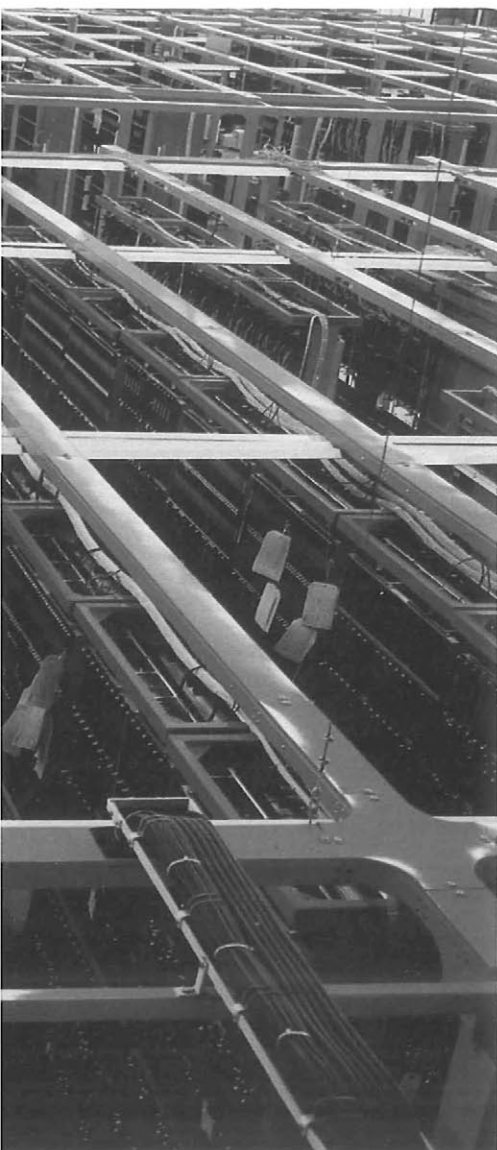


Muy lejos de las hogueras griegas, de las torres de comunicación británicas y del primitivo teléfono: interior de

hecho, históricamente, de dos formas muy diferenciadas: paso a paso o por control común. Mediante la primera técnica, si entre un abonado y otro existen una serie de centrales intermedias, en cada una de ellas se decidía cuál era el camino que debía tomar la señal. En la segunda, por el contrario, una parte centralizada de control determinaba, desde el momento inicial de la conexión, cuál iba a ser el camino total de la transmisión. Esta central, como es lógico, ha variado fuertemente a lo largo de los años. De ser una instalación casi pasiva, en la que sólo se determinaban los caminos a seguir, atendiendo a una llamada después de la otra, se ha pasado a unidades electrónicas que pueden manejar un número relativamente alto de llama-

das al mismo tiempo, mediante sistemas informatizados que almacenan la información de las mismas.

Por otra parte, los circuitos por los que va la señal ya pueden no ser siempre los mismos durante todo el tiempo de la comunicación. La transmisión por paquetes, que es la forma con la que se denomina a esta nueva técnica, consiste en trocear a la señal que se envía en pequeñas unidades y enviar a cada una de ellas por el camino que en ese momento esté disponible. Con ello, una conversación entre dos abonados no ocupa siempre la misma línea, el mismo circuito, sino que puede ocupar diferentes circuitos en diferentes instantes de tiempo. Como es lógico, cada uno de esos paquetes habrá de llevar una cierta información en su cabe-



central telefónica actual.

como uno de los factores más significativos para determinar la calidad de un sistema de comunicaciones es la de la fiabilidad de sus enlaces, sólo pueden instalarse equipos y componentes que hayan tenido ya un largo tiempo de prueba. Y eso sólo se tiene en aquellos que han sido probados antes durante un tiempo suficientemente largo, quizá con otros fines diferentes a los que luego van a ser usados en comunicaciones.

El tamaño de un sistema de conmutación viene determinado por una serie de parámetros entre los que los más significativos son el número de circuitos a que puede atender, que viene dado en líneas, y el volumen de tráfico que soporta, que se mide en erlangios. Esta unidad determina el volumen de tráfico existente en una línea y tiene un valor 1 cuando la línea está permanentemente ocupada y 0 cuando está siempre libre. Los valores que actualmente se manejan están entre las 2.000 y las 85.000 líneas para el primero y entre 160 y 20.000 para el segundo.

En el caso de la conmutación de paquetes, en sus primeras etapas, se realizaba de una manera totalmente informatizada, con una estructura típica de ordenador y en donde el *software* desempeñaba un papel primordial. El nivel de tráfico que podían soportar no era demasiado alto, por lo que la tendencia actual es dedicar circuitos electrónicos específicos, así como microprocesadores.

El futuro de la conmutación está decidiéndose en estos últimos años. La conmutación de circuitos y la de paquetes parece que deben combinarse en un único medio de transmisión que permita las diferentes formas posibles de multiplexación de señales. El problema que está aún presente es el de qué tipo de conmutación será capaz de llevar a cabo lo anterior y cómo manejar esos diferentes tipos de multiplexación existentes en un mismo sistema. Quizá el énfasis más importante se está dando a la conmutación de paquetes y a un tipo de células de conmutación denominadas ATM, aunque, como es lógico, ambas habrán de ser compatibles con la conmutación de circuitos. Las filosofías planteadas son numerosas y algunas realizaciones prácticas han sido ya mostradas públicamente. En su mayor parte están basadas en técnicas electrónicas, aunque también empiezan a

aparecer algunos diseños ópticos que, por el momento, no son competitivos tanto en lo que se refiere a coste como a prestaciones. Pero, quizá, los próximos años verán desarrollos en este terreno que harán olvidar a los electrónicos.

INTERCONEXIÓN

Uno de los principales problemas que se presentan en los sistemas de comunicaciones es que han de ser totalmente internacionales, esto es, que los sistemas que estén funcionando en una nación puedan conectarse sin problemas con los de cualquier otra. Para ello han de aceptarse una serie de normalizaciones en función de las cuales trabajen todos los sistemas existentes. Estas normalizaciones son, principalmente, las recomendaciones dadas por el CCITT, que son de obligatorio cumplimiento en todos aquellos países miembros del mismo. En virtud de lo anterior se ha configurado un marco de referencia para todo un conjunto de protocolos en el que se encuadran la mayor parte de las actividades de telecomunicación. Este entorno es el que se denomina «Interconexión de Sistemas Abiertos» (OSI), y en él, en una serie de capas, con un nivel de abstracción progresivamente creciente, aparecen todos los elementos existentes en los sistemas de telecomunicación. En la actualidad, el modelo OSI está compuesto por siete capas y, aunque no está implementado en su totalidad, sirve de referencia para los desarrollos que se están realizando en todos los países.

Este modelo abarca desde un nivel inferior, que no es otro que el medio o soporte físico sobre el que se mantiene la transmisión, hasta uno superior que incluye todas las aplicaciones que se planteen en un determinado momento. El nivel correspondiente al medio físico se designa, a veces, como Nivel 0, y no es otra cosa que el camino de comunicación que se establece para los diferentes sistemas, y que ha de ser transparente para todos ellos. Un ejemplo puede ser el cableado, tanto de cobre como de fibra óptica. El primer nivel, denominado «físico», tiene como función la de convertir la información recibida del nivel inmediatamente superior en una señal física, como puede ser un voltaje o una corriente eléctrica que aplicada, por ejemplo, a un ►

AUCATEL



Sala de control de redes tanto de voz como de datos: telecomunicaciones en general.

altavoz se traduzca en una señal acústica. Este nivel tiene también otras funciones, como sincronizar a cada uno de los extremos del enlace de manera que los tiempos de ambas se coordinen. La posibilidad de unión entre dos terminales diferentes debe hacerse de nuevo, de forma transparente, sin que existan incompatibilidades de unos sistemas con otros.

Los restantes niveles coordinan otra serie de parámetros de la comunicación, como pueden ser el que la calidad de la transmisión sea máxima para un coste mínimo, que los códigos que se empleen en la misma sean compatibles unos con otros, o que lo sean las tramas usadas. Los productos a los que puede dar servicio OSI han esperado mucho tiempo hasta ser aceptados.

Pero es previsible que su grado de difusión sea cada vez más rápido. Muchos de los desarrollos que se llevan a cabo en programas europeos como ESPRIT ORACLE tienen como fin el dar servicios OSI a los participantes en los mismos. En un próximo futuro, muchos de dichos servicios es posible que no sólo puedan ser efectuados con ordenadores

de gran tamaño, sino que también lleguen a los ordenadores personales y a las estaciones de trabajo.

LÍNEAS PARA EL FUTURO

Carl Malamud, en un reciente artículo publicado en el *IEEE Spectrum*, una de las revistas con mayor difusión entre los ingenieros eléctricos y electrónicos de todo el mundo, muestra su opinión de que una guerra de precios, equivalente a la que ya existe entre las compañías aéreas, está a punto de iniciarse entre las suministradoras de servicios de telecomunicación. La revolución que se aproxima, añade, es equivalente a la habida hace algunos años en la industria de los ordenadores. Y de la misma manera que en ésta el origen de la transformación se debió a la presencia de los ordenadores personales, éstos también serán los responsables de las nuevas necesidades en comunicaciones. Ya no será sólo la urgencia de resolver el problema de llevar un teléfono a cada hogar, sino que, dentro de algunos años, derivado de la presencia de ordenadores personales en casi todas las casas, conectados entre sí a través de redes como la Internet, la

demanda para aumentar la capacidad de las líneas de interconexión habrá de multiplicarse, al menos, por 400.

En paralelo con todo lo anterior aparecen varios hechos que también habrán de tenerse en cuenta en el futuro. El primero es que, para ciertas necesidades, las centrales de conmutación ya no tendrán que tener las características de las actuales. El control y el encaminamiento de un determinado tipo de llamadas no requerirá centrales de varias decenas de millones de pesetas como ahora. Una simple estación de trabajo un poco especializada puede satisfacer los mismos requisitos. Gracias a ello, cualquier compañía de tamaño medio podría convertirse así en una pequeña central telefónica, capaz de satisfacer las demandas de un determinado entorno geográfico. Además de ello, otro tipo de empresas, antes ajenas a las comunicaciones, como las de televisión por cable y las eléctricas, también podrán alquilar sus líneas iniciándose así una verdadera competencia con las grandes telefónicas nacionales, hasta ahora las únicas que podían proporcionar servicios.

Todo ello lleva consigo una fuerte reestructuración del sector de las comunicaciones, tema que más adelante será tratado en un artículo con mayor detalle, y que hará que la visión que se tenga de él en el próximo siglo pueda ser muy diferente de la que estamos contemplando hoy. En cualquier caso, lo que es seguro, que una única tecnología no será el soporte para todas las comunicaciones del futuro. La tecnología que se usará será una mezcla de varias de ellas y aprovechará, por ejemplo, las ventajas del gran ancho de banda que poseen las fibras ópticas, la omnipresencia de los pares de cobre y la movilidad de las comunicaciones por aire. Quizá podrían establecerse dos líneas principales de actuación. Una de ellas sería la que se dedicase, fundamentalmente, al establecimiento de enlaces de gran capacidad entre puntos más o menos distantes, con grandes centrales de conmutación para la canalización de tráfico de alta densidad. Y la otra sería la que permitiese la conexión de los usuarios individuales, tanto para servicios de voz como de datos o de vídeo, a estos grandes enlaces. En la primera sería la fibra óptica el caballo de batalla, y en la segunda, las conexiones por hilo de cobre o por aire. Pero el tema todavía está abierto y los próximos años verán, posiblemente, nuevos cambios. ■